

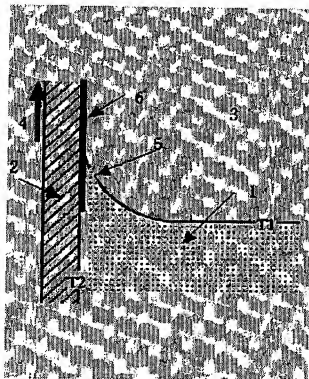
GROWTH OF BULK CRYSTAL OF COMPOUND

Patent number: JP2001053013
Publication date: 2001-02-23
Inventor: TANAKA AKIRA; TADATOMO KAZUYUKI
Applicant: MITSUBISHI CABLE IND LTD
Classification:
- international: H01L21/208; H01L33/00
- european:
Application number: JP19990224765 19990809
Priority number(s): JP19990224765 19990809

Report a data error here

Abstract of JP2001053013

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for growing high-quality clear bulk crystals by realizing a rapid growth speed, that is, a rapid transportation speed of a solute in the growth of crystals of a compound of low solubility. **SOLUTION:** A fundamental liquid 1 formed of a solution containing a bulk crystal material or a bulk crystal solvent and a substrate 2 are caused to make a relative movement to form a wet liquid layer 5 on the substrate 2. At the same time, compound components of a bulk crystal are continuously supplied to the wet liquid layer 5 to grow bulk crystals. For example, a solution containing at least one of component of the bulk crystal is used for the fundamental liquid 1. This solution is placed in an atmospheric gas 3 containing other compound components. The atmospheric gas 3 and the formed wet liquid gas 5 are reacted with each other, and a compound is synthesized.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許公開公報番号

特開2001-53013

(P2001-53013A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	P I	チーフ・イター (参考)
H 0 1 L 21/208		H 0 1 L 21/208	Z 5 F 0 4 1
33/00		33/00	C 5 F 0 5 3
			A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

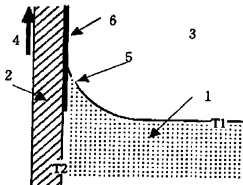
(21) 出願番号	特願平11-224765	(71) 出願人	000009283 三菱電機工業株式会社 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地
(22) 出願日	平成11年8月9日 (1999.8.9)	(72) 発明者	田中 昭 静岡県浜松市中区町566-2
		(72) 発明者	只友 一行 兵庫県伊丹市池尻4丁目9番地 三菱電機 工業株式会社伊丹製作所内
		P ターム (参考)	5F041 AA40 CA33 CA34 CA40 CA41 CA48 CA63 5F053 AA02 AA03 AA48 BB04 BB08 BB12 BB13 BB38 BB54 BB57 DD04 DD07 DD20 FF01 FF02 GG01 HH01 HH05

(54) 【発明の名称】 化合物のバルク結晶の成長方法

(57) 【要約】

【課題】 溶解度の低い化合物の結晶成長において、速い成長速度、即ち溶質の速い輸送速度を實現し、良質なバルク結晶を消費せざるを得る方法を提供すること。

【解決手段】 バルク結晶原料含有溶液若しくはバルク結晶溶液からなる基礎液体1と基板2とを相対運動させることで基板2上に濡れ液層5を形成しつつ、該濡れ液層5にバルク結晶の化合物成分を連続的に供給することでバルク結晶を成長させる。例えば、基礎液体1としてバルク結晶の少なくとも一つの成分を含む溶液を用い、かつこれを化合物の他の成分を含む雰囲気ガス3中に置き、この雰囲気ガス3と形成される濡れ液層5とを反応させることによって化合物を合成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バルク結晶原料含有溶媒若しくはバルク結晶溶媒からなる基礎液体1と基板2とを相対運動させることで基板2上に濡れ液層5を形成しつつ、該濡れ液層5にバルク結晶の化合物成分を連続的に供給することを特徴とする化合物のバルク結晶の成長方法。

【請求項2】 基礎液体1としてバルク結晶の少なくとも一つの成分を含む溶媒を用い、かつこれを化合物の他の成分を含む雰囲気ガス3中に置き、該雰囲気ガス3と形成される濡れ液層5との反応によって化合物を合成させることを特徴とする請求項1記載のバルク結晶の成長方法。

【請求項3】 基礎液体1としてバルク結晶の化合物の溶媒を用い、これをバルク結晶の化合物成分を含む雰囲気ガス3中に置き、該雰囲気ガス3から形成される濡れ液層5に化合物成分を供給させることを特徴とする請求項1記載のバルク結晶の成長方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は液と基板とを相対運動させ、基板面と液面との接触部に生じる濡れ液層を基板面上で移動させながら化合物結晶を成長する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の液相からのバルク結晶の成長において、実質可能な温度や圧力の下で融液状態の得られるものにはその範囲を用いることができるが、融液状態の実現が困難な場合には適当な溶媒が用いられる。この時、溶媒中に溶解し得る溶質の量が溶解度によって制限されるので、バルク結晶を成長させるためには成長期間中、溶媒に結晶成分である溶質を定期的に供給することが必要である。溶質供給の方法には、溶媒に溶質原料を共存させ、溶解する一般的な方法の他に、結晶が化合物である場合には溶媒中に化合物の或る成分を予め混合しておき、化合物の他の成分を気相で供給して溶媒中の化合物成分と化学反応させ、原料をその場で合成して溶解する方法などがある。いずれの場合も供給した溶質原料を結晶成長部へ輸送しなければならぬ。

【0003】 この輸送の駆動力を発生させる方法にも種々の原理が使われる。例えば、温度差法においては、溶解度が高温で大きいことを利用し、溶質原料と基板とを平行に配置してその間を溶液で満たし、原料側を高温に、基板側を低温に保つことによって溶液中に生じる溶質濃度差を放散の駆動力とする。密度差法では同様に原料・溶液・基板とを上下に平行に配置するが、この場合の輸送の駆動力は溶質と溶媒との密度差に起因する浮力あるいは沈力である。この密度差を用いて積極的に利用して密度対流を発生させるために、温度の昇降によって溶液内に溶質濃度の分布を作り出す方法もある。

【0004】 輸送の駆動力として拡散を利用する場合、

(2)

特開2001-53013

輸送速度あるいは結晶成長速度は溶液内の溶質の濃度勾配に直接的に支配される。すなわち同じ輸送距離であれば濃度差が大きいほど結晶成長速度も大きい。密度差の場合には、浮力であれば浮力を生ずるだけの密度分布が溶液内に生じなければならない。そのためには溶媒中の飽和領域と未飽和領域での溶質濃度に大きな差のあることが必要である。これらの条件は溶質の溶媒への溶解度が大きい場合には容易に実現できる。しかし、溶解度が低い結晶成分の場合や溶解度の低い低温での成長の場合、上に述べた従来の方法のように、原料と基板とを離した位置を探る限り、輸送に必要な濃度差や濃度分布を付けることができない。原料と基板とを接近させた温度差法として溶媒移動法があるが、温度差が十分に付けられないこと、大面積に亘って溶媒の移動が均一に起こらないことなどによって、バルク結晶の実用的な成長技術として確立されていない。以上のように、従来の液相成長技術では溶解度の低い化合物のバルク結晶を成長させるに十分な輸送速度を実現することができなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明者らは、溶解度の低い化合物や低温での結晶成長において、速い成長速度、即ち溶質の速い輸送速度を実現するためには、原料あるいは原料の合成場所と成長場所との間の距離を極端に短くし、かつ、この状態が成長期間中、定期的に保持できるようにすることが必要であることを知見した。本発明はかかる知見に基づいて、良質なバルク結晶の成長方法を提供することを技術的課題とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の化合物のバルク結晶の成長方法は、バルク結晶原料含有溶媒若しくはバルク結晶溶媒からなる基礎液体1と基板2とを相対運動させることで基板2上に濡れ液層5を形成しつつ、該濡れ液層5にバルク結晶の化合物成分を連続的に供給することを特徴とするものである。

【0007】 上記の成長方法において、基礎液体1としてバルク結晶の少なくとも一つの成分を含む溶媒を用い、かつこれを化合物の他の成分を含む雰囲気ガス3中に置き、該雰囲気ガス3と形成される濡れ液層5との反応によって化合物を合成させるようにしてもよい。この時、基礎液体1に予め必要な成分を加えておいてもよいし、その成分を含む気体などの原料を共存させ、定期的に溶解供給してもよい。

【0008】 さらに、基礎液体1としてバルク結晶の化合物の溶媒を用い、これをバルク結晶の化合物成分を含む雰囲気ガス3中に置き、該雰囲気ガス3から形成される濡れ液層5に化合物成分を供給させる手法によって化合物を合成させてもよい。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施形態につき、図面を参照しつつ説明する。図1は本発明の一実施態様

3

を示す側面図であり、1は基礎液体、2はバルク結晶を成長させるための基板、5は濡れ液層、5は成長させた結晶をそれぞれ示している。まず、化合物結晶ABの成長について、成分Aの融液が化合物ABの溶媒となり、したがって基礎液体1を成分Aの融液とすることができ、かつ成分Aの蒸発や気相反応のない最も単純な場合を考える。基礎液体1に対して基板2が矢印4のように相対運動をしている時、基板2に接する基礎液体1は基板2との濡れによって基板の相対的移動方向に引きずられ、濡れ液層5を形成する。この濡れ液層5の形状は基礎液体1のもつ流体的性質、相対運動の種類、相対運動の速度、液と基板との接触角度、温度、液や雰囲気組成などを制御することによって制御できる。この濡れ液層5が基板2と接する部分の先端は原子の尺度で極めて薄い層である。

【0010】この状態で成分Bを含む雰囲気ガス3を供給すれば、液中の成分Aと反応して化合物ABを合成し、少なくとも濡れ液層5の表面を温度T1の飽和状態にする。一方、基板2は低温T2に保たれているので、濡れ液層5の表面から基板2に向かう温度勾配が形成でき、濡れ液層5の厚さは極めて薄いので、この温度勾配は極めて大きく、したがって溶解度の小さな化合物であっても速い輸送速度、すなわち成長速度が得られることになる。

【0011】濡れ液層5の先端部においては、相対運動する基板2に粘着して常に基礎液体1が運び込まれているので、この原料合成と濃度勾配は相対運動の期間中定常的に保持できる。したがって基板2と基礎液体1との相対運動を、濡れ液層5が基板2上の同一領域を何度も通過するように選べば、濡れ液層5からの成長は何度でも重ねることができ、バルク結晶の成長の効果を生じ、

【0012】濡れ液層5の形成と、成長の量に重要な相対運動の例を図2、図3および図4に示す。図2は基板2の面内での回転を用いるものである。この場合、基板2は大口径のもの一枚をもって構成しても良いし、小さな基板を多数取り付けても良い。矢印4に示した相対運動が回転の場合、基板2は一回転ごと一回、濡れ液層5を通過することになる。基礎液体1内を通過する期間もあるが、溶解度が低い場合、あるいは飽和している場合にはその期間での溶解は問題とならない。回転は一方に限定せず、濡れ液層5を跨いで往復しても良い。

【0013】図3は基板2の面と平行な軸で回転した場合である。基板2が液から上がっていく期間に濡れ液層5が形成できることは図2の場合と同様である。基板面と液面との角度は直角に限らない。

【0014】もちろん相対運動は円運動でなくても良い。図4はシーソーの様にポートを上下に揺らす場合を示している。上下揺動だけでなく、ポートを左右に振っても良い。また図5のように遠心力を利用して溶媒層を

(3)

特開2001-53013

薄くしても良く、回転数に変調を加えて濡れ液部を同心円状に拡大縮小しても良い。要は濡れ液が形成できる形態と運動であれば何でも良い。

【0015】以上は説明の簡便化のために、基礎液体1としてA成分の融液とBの気相原料を含む雰囲気ガス3で説明したが、これらが適当な物質で希釈されていても成り立つことはもちろんである。

【0016】本発明の他の実施形態として、適当な溶媒を基礎液体1とし、雰囲気ガス中にAB化合物分子あるいはそのを生成する反応物を供給する方式を採用することもできる。この場合には、前記の実施形態における濡れ液層5部分での液面反応を、基礎液体1としての溶媒への雰囲気ガス3中に含まれるAB化合物の溶解、と読み直せば同様に説明できる。

【0017】これら実施形態において、溶媒である成分A又は希釈溶媒の蒸発がある場合、液面からのこれらの蒸発は液面近傍の化合物ABの飽和度の上昇に寄与する。この効果は溶媒の厚さが極めて大きく、濡れ液部での結晶成長を促進する。さらに液面直上においてAの蒸気と成分Bの原料が反応して気相のAB化合物分子を生成すれば、隣接する基板表面に運ばれ、これもまた結晶成長に寄与する。

【0018】以上は二元素の化合物ABについて述べたが、この原理は容易に多元系混合物あるいは異種結晶の層に拡張できる。すなわち、A成分が共通な化合物Aおよび化合物ACの液体AB_{1-x}C_xの成長においては、基礎液体にA成分を含む溶液を用い、雰囲気ガス3としてB成分とC成分を含むガスを用い、雰囲気ガス3とこのB成分を含むガスとC成分を含むガスを交互に供給すれば化合物ABと化合物ACが交互に積層できる。

【0019】このことは不純物添加においても同様である。一般の溶液成長と同様に、溶液への不純物添加が有効であることは言うまでもないが、本方法において気相の不純物源を用いれば、次のような特徴を現する。

(イ) 気相不純物の液層への取り込みは、成分Bの気相による供給の割合と同様に、攪拌されている濡れ液部において最も効果的であり、かつ成長方向の不純物分布は発生しない。

(ロ) 成長の繰り返し数に対応させて気相不純物源の種類を換えれば、それに応じて不純物の異なる任意厚さの成長層を積層することができる。以上説明したように、基板2と基礎液体1との相対運動による濡れ液層5を成長に利用することによって、原料供給部と成長部とを極く近接して定常的に配置することができ、特に溶解度の低い材料のバルク結晶の成長における問題が解決できるものである。

【0020】

【実施例1】

窒化ガリウム(GaN)結晶の成長

図6に示す装置を用いてGaNの成長をおこなった。内

(4)

特開2001-53013

5
 径約5 cmの石英管を加工し、反応管12を作製した。ガス導入管3 bから電素(N₂)ガスを500 ccm、アンモニア(NH₃)ガスを5 ccmで導入し、十分に加熱した後に石英ポート7とへ導いた。ポートは長さ約5 cm、幅1 cmで中央には基板をはめ込むために深さ1 mmの凹みが設けられている。この凹みに1 cm角のサファイア基板をc面が上になるよう置き、基板液体1として金属Ga約2 gを仕込んだ。電気炉は低圧加熱で上下左右の四つのゾーンから成っている。右側は上下炉ともに850℃に制御して原料ガスの予熱をおこなった。この状態で炉全体が約8度の傾斜になるよう、五分間隔で左右に傾ける操作をおこなった。17は石英球であり、ソーナー動作と共に左右に移動し、液を攪拌することによって液表面にGa N被膜が形成されるのを防いでいる。4時間の成長時間で約5 μmの成長層が得られた。成長結晶のX線回折から、六方晶系Ga Nが基板と同じC軸配向して成長していることが判った。

【0021】以上の実施例では溶媒にGaのみを用いたが、NH₃ガスと反応しない溶媒での希釈があっても成長可能である。もちろん、Gaに代えてアルミニウム(A1)を用いれば、A1 N結晶を得ることができる。また、基板2としてはサファイアに限定されず、Ga NやA1 Nはもちろん、炭化硅素(Si C)や碳化ガリウム(Ga P)など、NH₃ガスおよび溶媒との反応あるいは熱によって分解しない基板であれば特に限定はない。ルツボ材料も同様である。雰囲気ガスもNH₃ガスに限らず、反応してGa Nを生成するものであれば期限はない。また成長温度も、反応が進行する温度であれば何℃でもよい。

【0022】【実施例2】
 炭化ガリウムアルミニウム(Ga A1 N)結晶の成長
 図7に示す装置を用い、次の条件でGa A1 N結晶を成長させた。まず、外部から回転できる直径約30 mmのアルミルツボ7に基板液体1としての金属ガリウム(Ga)と金属アルミニウム(A1)、そしてサファイア基板2を图示するように入れ、30度に傾斜させた電気炉11で加熱した。基板2を低張とするために、ルツボ7の底部には外部から冷却用電素(N₂)ガス9が循環できるようにしてある。ルツボ7の回転によってサファイア基板2上にできるGa 融液の濡れ液層より、外部からガス導入管3 bによって雰囲気ガス3としてのN₂ガスで希釈したアンモニア(NH₃)ガスを導入した。この時、このNH₃原料ガスによって濡れ液層5表面が冷却されないように、NH₃原料ガスを十分に予熱した。別途、NH₃原料ガスを低圧部に流入させないため、ルツボ7を包み込むようにN₂ガス8を反応管12に流し、NH₃ガスと共に排気管10から除去装置へ導いた。

【0023】上記した成長系において、原料として40

6
 gのGaおよび5 gのA1を仕込み、サファイア基板として1インチ径のものを使用し、雰囲気温度950℃、NH₃ガス(N₂希釈1/500)を流量500 ccmで流し、基板回転速度1 rpmの条件で30時間の成長をおこなった。その結果、最も厚い部分で約2 mmのGa A1 Nが成長した。組成分析の結果、A1 N成分は約0.2モル分であった。

【0024】以上ではGa-A1混合溶液を用いたが、Gaとインジウム(In)、あるいはInとA1、あるいは三者の混合液を用い、平衡N₂圧を考慮して温度を選択すれば、それぞれの化合物結晶が得ることができる。

【0025】【実施例3】

炭化硅素(Si C)結晶の成長

成長装置の概略を図8に示す。成長にはワークコイル11bをもつ450 kHzの高周波加熱装置を用いた。傾けて設置したコイル中に内径70 mmの石英二重反応管12wを通し、間に冷却水13を流した。内部に炭化タングステン(T₂C)で被覆した内径30 mmのカーボナルツボ7を置き、外部から回転4できるようにした。高温となるルツボを囲むようにポーラスカーボン14で覆い、断熱した。ガス導入管はカーボン製とし、管3からアルゴンガスを導入した。この管はルツボ内部での厚みを増して高周波パワーを受け、導入ガスが予熱されるようにした。さらに同じくカーボン製のガス導入管3dを設け、これから原料ガスを導入した。この管は原料分子が熱分解しないように壁を薄くし、かつ孔径を細くして流速を進めるようにした。ルツボ底部に設けた凹部に昇華法で造られた7 mm角のSi C基板2を置き、基板液体1となるシリコン(Si)多結晶50 gを仕込んだ。雰囲気ガスであるアルゴン(Ar)ガスを500 ccm/minで流し、原料であるエチレン(C₂H₄)ガスを1000 ccmで導入した。1800℃に加熱し、ルツボを回転速度1 rpmで回転させて10時間保持した。その結果、基板のSi面上に約1 cm厚のほぼ均一なSi C層を得ることができた。

【0026】本実施例では反応ガスにエチレンガスを用いたが、メタンガス、エタンガス、プロパンガスなど、Siと反応してSi Cを生成するものであれば何でもよい。成長温度もSi C生成反応の進む温度であれば何℃でもよい。ルツボを冷めとする成長系の構成材料もSiや原料ガスと反応させなければ何でもよい。

【0027】【実施例4】図9に示す装置でGa P結晶層とGa As P混晶層の交互成長をおこなった。下部に冷却用の突出部をもつ内径40 mmのカーボナルツボ7の底部中央に15 mm角、深さ0.5 mmの凹みを設け、Ga P基板2を置いた。その直上に原料ガス導入管3bを置き、基板液体1としてGaを15 g仕込み、ガス導入管3から水素(H₂)ガスを流した。基板液体1に接したカーボン製の遮蔽結晶15は、溶媒表面で余分の反応を起こさせないためのものである。この系を透明

-4-

7

電気炉（ゴールドファーンズ）11によって500℃に加熱した。外部モーターによってルツボを約100rpmで回転させることによってGaが周辺部に偏り、基板中央部にGaの薄い濡れ膜が形成できた。この状態で原料ガス導入管3bから水素希釈5%のホスフィン（PH₃）ガスを流量50ccmで1時間供給した。続けてこの原料ガスに水素希釈5%のアルシン（AsH₃）ガスを流量50ccmで混合して1時間供給した。この間、濡れ膜の状態を観察しながら回転数を調節した。ガスの交互供給を5回おこなった後、取り出した試料は、中央部が最も厚く、約200μmであった。X線回折ではGaPからの回折とGaAsPからの回折の二つのピークが観測され、格子定数からGaAsP結晶の組成はGaAsモル分率約0.05であることが判った。断面の顕微鏡観察でそれぞれの層が約2μm厚で層層しているのが観察された。

【0028】ここではGaAsP系の例を示したが、Inなどの三族元素と五族元素との化合物系、亜鉛（Zn）などの二族と六族元素との化合物系、さらに鉛（Pb）や錫（Sn）などの四族と六族元素との化合物系などの多くの化合物においては、金属と適当な気相原料を選択することは容易であり、成分の蒸気圧、化合物の分解圧を考慮して温度や雰囲気圧を設定すれば、同様の原理が適用できることは明白である。

【0029】【実施例5】

酸化亜鉛（ZnO）結晶の成長

実施例2で用いた成長装置を改造して、図10の装置を製作した。石英ルツボに自金製のルツボ7を嵌め込み、底に水熱合成で得られたZnO基板2を孔の空いた白金板で固定し、基礎液体1として水酸化カリウム（KOH）20gを仕込んだ。さらに図に示すような底に孔の空いた白金ルツボ14を酢酸KOHに浸るように装着し、そこに一方の原料である十分な量の亜鉛（Zn）の塊16を置いた。成長開始までは基板がKOHに触れないように上部に止めておき、ガス導入管から酸素ガス（O₂）3を100ccmで導入しながら、温度を500℃に昇温した。約30分保持した後、1分間に5回転で回転させた。10時間の成長で5mm厚のZnO結晶が得られた。

【0030】本実施例では溶媒にKOHを用いたが、溶媒自身が酸化せず、ZnOの溶媒となり得るものであれば何でもよい。反応ガスも純酸素に限らず、希釈されていてもよい。ZnOを生成するガスであればよい。適当な溶媒が存在すれば他の酸化物の成長についても適用可能であることは言うまでもない。

【0031】

【発明の効果】以上説明した通りの本発明のバルク結晶の成長方法によれば、基礎液体と基板との相対運動によって形成できる濡れ液部における成長を利用することによって、溶解度が低い小さな化合物結晶、あるいは溶解

(5)

特開2001-53013

8

度の低い低圧においても高い結晶成長が可能となり、バルク結晶の成長を容易に行えるようになる。本発明にかかる技術によって、従来技術では極限的な高温や高圧といった成長環境の実現が必要であった結晶群であっても結晶基板が製造できるようになり、電子工機向け等に各種の基板を供給できるようになる等、優れた効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の化合物バルク結晶の成長方法の原理を示す説明図である。

【図2】本発明の成長方法の一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の他の実施例を示す側面図である。

【図4】本発明の他の実施例を示す側面図である。

【図5】本発明の他の実施例を示す側面図である。

【図6】本発明で用いる結晶成長装置の一例を示す概略図である。

【図7】本発明で用いる結晶成長装置の一例を示す概略図である。

【図8】本発明で用いる結晶成長装置の一例を示す概略図である。

【図9】本発明で用いる結晶成長装置の一例を示す概略図である。

【図10】本発明で用いる結晶成長装置の一例を示す概略図である。

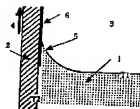
【符号の説明】

- 1 基礎液体
- 2 基板
- 3 雰囲気ガス
- 3b 雰囲気ガス導入管
- 3c 雰囲気ガス導入管
- 3d 雰囲気ガス導入管
- 4 相対運動
- 5 濡れ液層
- 6 成長した結晶層
- T1 液および雰囲気ガスの温度
- 2 基板の傾度
- 8 雰囲気ガスの低圧部への流入を防止するカウンターストップ
- 9 基板を低温とする冷却ガス
- 10 排気管
- 11 電気炉
- 11h 高周波コイル
- 12 反応管
- 12w 水冷式反応管
- 13 冷却水
- 14 断熱用ポリウレタンカーボン
- 15 遮蔽部品
- 16 固体原料
- 17 攪拌用石英球

(6)

特開 2001-53013

【図 1】



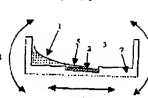
【図 2】



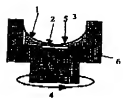
【図 3】



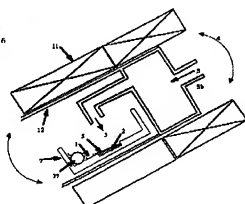
【図 4】



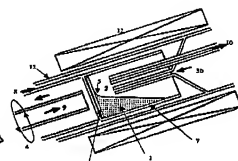
【図 5】



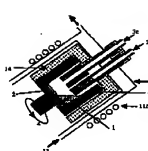
【図 6】



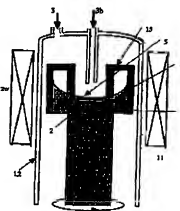
【図 7】



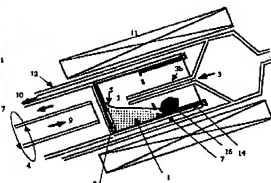
【図 8】



【図 9】



【図 10】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**